

**ANALISA LAPISAN *PACK CARBURIZING* PADA BAJA CARBON ST-37  
MENGUNAKAN MEDIA ARANG CANGKANG KENARI DAN  
SERBUK *FOTOCOPY***

**SKRIPSI**



Disusun Oleh :

**Nama : M Sadam Sahari**

**Nim : 17.11.105**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2021/2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**ANALISA LAPISAN *PACK CARBURIZING* PADA BAJA CARBON ST-37  
MENGUNAKAN MEDIA ARANG CANGKANG KENARI DAN  
SERBUK *FOTOCOPY***

Disusun Oleh :

Nama : M Sadam Sahari  
Nim : 17.11.105  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknologi Industri

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



Dr. I Komang Astana Widi, ST, MT  
NIP.P. 1030400405

Diperiksa Dan Disetujui  
Dosen Pembimbing



Arif Kurniawan, ST.,MT  
NIP.P. 1031500491



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BIN (PERSERO) MALANG  
BADAN HARGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2, Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : M Sadam Sahari  
Nim : 1711105  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul : ANALISA LAPISAN *PACK CARBURIZING* PADA BAJA ST-37  
MENGUNAKAN MEDIA ARANG CANGKANG KENARI DAN  
SERBUK *POTOCOFY*.

Dipertahankan dihadapan tim Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Senin  
Tanggal : 07 Februari 2022  
Dengan Nilai : 81,25 (A)

**PANITIA MAJELIS PENGUJI SKRIPSI**

**KETUA**

Dr. Komang Astana Widi, ST., MT  
NIP. Y. 1030400405

**SEKERTARIS**

Febi Rahmadianto, ST., MT  
NIP. Y. 1031500490

**ANGGOTA PENGUJI**

**PENGUJI I**

Ir. Teguh Rahardjo, MT  
NIP. P. 195706011992021001

**PENGUJI II**

Dr. Eko Yohanes S, ST., MT  
NIP. P. 1031400477



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M Sadam Sahari

Nim : 17.11.105

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Tempat/Tgl Lahir : Berangkak, 07 November 1998

Alamat Asal : Dusun Berangkak, Desa Jenggik, Kecamatan Terara, Kabupaten Lombok Timur, NTB Indonesia.

Status Perkawinan : Belum Kawin

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasinal Malang.

### Menyatakan

Menyatakan Dengan Sesungguhnya Bahwa Skripsi Saya Yang Berjudul :

**“Analisa Lapisan *Pack Carburizing* Pada Baja ST-37 Menggunakan Media Arang Cangkang Kenari Dan Serbuk *Fotocopy*”**

Adalah hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya.

Malang, 21 November 2021



M Sadam Sahari  
17.11.105

### LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : M Sadam Sahari

Nim : 17.11.105

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Judul Skripsi : Analisa Lapisan *Pack Carburizing* Pada Baja St-37 Menggunakan Media Arang Cangkang Kenari Dan Serbuk *Fotocopy*.

No.	Materi Bimbingan	Waktu	Paraf
1	Konsultasi Judul Skripsi	21/09/2021	A
2	Pengajuan Judul Skripsi	25/10/2021	A
3	Pemantapan Judul Skripsi	02/11/2021	A
4	Konsultasi Proposal Bab I, li Dan Iii	08/11/2021	A
5	Sminar Proposal Dan Revisi	12/11/2021	A
6	Konsultasi Pembuatan Spesimen	25/11/2021	A
7	Konsultasi Pengujian Spesimen	10/12/2021	A
8	Konsultasi Laporan Skripsi Bab Iv Dan V	22/12/2021	A
9	Seminar Hasil Dan Revisi	04/01/2022	A
10	Konsultasi Ujian Akhir Skripsi	15/01/2022	A

Diperiksa dan disetujui,  
Dosen pembimbing.



Arif Kurniawan ST, MT.  
NIP.P. 1031500491

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : M Sadam Sahari  
Nim : 17.11.105  
Program studi : Teknik Mesin S-1  
Judul skripsi : Analisa Lapisan Pack *Carburizing* Pada Baja ST-37  
Menggunakan Media Arang Cangkang Kenari Dan  
Serbuk *Fotocopy*.  
Dosen pembimbing : Arif Kurniawan,ST.MT.  
Tanggal pengajuan skripsi : 25/Oktober/2021  
Tanggal penyelesaian skripsi : 07/02/2022  
Telah diselesaikan dengan nilai : 81,25 (A)

Disetujui

Dosen pembimbing.



Arif kurniawan, ST.MT.  
NIP.P.1031500491



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat tuhan yang maha esa atas berkat dan karunia-nya, sehingga dalam penulisan skripsi ini bisa terselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan sebanyak-banyaknya kata terimakasih kepada:

1. Bapak prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1.
3. Bapak Afrif Kurniawan, ST. MT. Selaku dosen pembimbing penelitian.
4. Ir. Teguh Rahardjo, MT., Selaku Kepala Laboratorium Material, Dan Sekaligus Dosen Wali Yang Memberi Arahan Selama Menempuh Perkuliahan.
5. Segenap Dosen Mesin S-1 Yang Telah Memberikan Ilmu Dan Pengalaman Selama Perkuliahan.
6. Kedua Orang Tua Yang Selaku Mendukung Penuh Dalam Proses Penyusunan Skripsi Ini Baik Melalui Doa Dan Financial Yang Di Butuhkan Penulis.
7. Dan Rekan Rekan Mahasiswa Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri Yang Telah Banyak Membantu Sekaligus Mensupport Dalam Skripsi Ini.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan didalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu penyusun mengharapkan sebuah keritikan dan saran yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, smoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Malang, oktober 2021

M sadam saharari  
1711105

**ANALISA LAPISAN PACK CARBURIZING PADA BAJA ST-37  
PADA MEDIA ARANG CANGKANG KENARI DAN SERBUK  
FOTOCOPY**

M Sadam Sahari (17.11.105)  
Dosen Pembimbing : Arif Kurniawan, St. Mt.  
Program Studi Teknik Mesin S-1,Fti – Institut Teknologi Nasional Malang 2021  
E-mail : [msadamsahari2881@gmail.com](mailto:msadamsahari2881@gmail.com)

**ABSTRAK**

*Dibidang militer, tank merupakan kendaraan tempur lapis baja yang bergerak menggunakan roda berbentuk rantai. Tapak rantai tank adalah komponen untuk menapak dan bergerak sehingga mensyaratkan sifat lebih keras dibagian permukaan serta memiliki sifat ulet dan tangguh dibagian dalam dan lebih tahan aus pada bagian permukaan pengembangan matrial produksi rantai tank perlu dilakukan untuk kemandirian pertahanan keamanan nasional sekaligus menurunkan ketergantungan impor. Nilai kekerasan rantai tank impor 28 HRC atau 286 HV.*

*Pada penelitian kali ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja dengan proses perlakuan carburizing pada material awal khususnya baja karbon rendah ST-37. Proses perlakuan carburizing adalah metode penambahan kadar karbon didalam baja dengan menggunakan media padat. Media karbon yang digunakan adalah arang cangkang kenari dan serbuk fotocopy menggunakan katalisator kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) pada variasi temperatur pemanasan 800°C, 850°C dan 900°C dengan waktu penahanan konstan 90 menit didinginkan secara cepat menggunakan media air garam. Lalu dilakukan analisa pengaruh jenis arang cangkang kenari dan serbuk fotocopy terhadap sifat mekanik baja karbon ST-37. Hasil yang didapatkan diaplikasikan pada proses produksi tapak rantai tank.*

*Hasil struktur mikro martensit dan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi temperatur 850°C dengan nilai 63,8 % martensit, dan nilai bainit tertinggi sebesar 53,8 %, dan nilai kekerasan terdapat pada temperatur 800°C dengan nilai kekerasan sebesar 90,5 HRA,. Nilai ketangguhan uji impact terdapat pada temperatur 800°C energi impact sebesar 126,7825 joul dan harga impact 1,4078 joule/mm<sup>2</sup>. Nilai kekuatan tarik (tensile strength) tertinggi Pmax terdapat pada temperatur 900°C dengan nilai sebesar 5942.61 Kgf. Semakin tinggi fasa martensit maka semakin meningkat pula nilai kekerasannya. Namun terdapat pula fasa bainit yang bisa menambah ketangguhan pada baja yang akan dibuat bahan produksi alat dan part tapak rantai tank.*

**Kata kunci:** Baja ST-37, Carburizing, Cooling, Kekerasan, Tarik, Impact, Mikro



**ANALYSIS OF LAYER PACK CARBURIZING ON ST-37  
STEEL ON CHARCOAL MEDIA AND WALNUT SHELL  
POWDER AND PHOTOCOPIES**

M Sadam Sahari (17.11.105)

Supervisor : Arif Kurniawan, St. Mt.

Mechanical Engineering Study Program S-1, Fti – National Institute of  
Technology Malang 2021 E-mail : [msadamsahari2881@gmail.com](mailto:msadamsahari2881@gmail.com)

**ABSTRACT**

*In the military field, the tank is an armored fighting vehicle that moves using a chain-shaped wheel. The tank chain tread is a component for treading and moving so that it requires tougher properties on the surface as well as being ductile and tough on the inside and more wear-resistant on the surface. The development of tank chain production materials needs to be done for the independence of national security and defense while reducing dependence on imports. Imported tank chain hardness value 28 HRC or 286 HV.*

*In this research, the aim is to increase the surface hardness of steel by carburizing treatment process on the starting material, especially low carbon steel ST-37. The carburizing treatment process is a method of adding carbon content in steel using a solid medium. Carbon media used are walnut shell charcoal and pollen photocopy using a catalyst calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) in the variation of heating temperature of 800°C 850°C and 900°C with 90 minutes holding time constant rapidly cooled using salt water media. Then analyzed the effect of walnut shell charcoal and photocopy powder on the mechanical properties of ST-37 carbon steel. The results obtained are applied to the tank chain tread production process.*

*Results martensite microstructure and hardness value is highest at 850°C temperature variation with a value of 63.8% martensite and bainite highest value at 53.8%, and the hardness values are at a temperature of 800°C with a hardness of 90.5 HRA, . Impact test toughness value contained at a temperature of 800°C at 126.7825 Joule impact energy prices and impact 1.4078 joules /mm<sup>2</sup>. Tensile strength values (tensile strength) are the highest Pmax at temperatures of 900°C with a value of 5942.61 Kgf. The higher the martensite phase, the higher the hardness value. However, there is also a bainite phase that can increase the toughness of the steel which will be used as material for the production of tools and tank chain tread parts.*

**Keywords:** Steel ST-37, Carburizing, Cooling, Hardness, Tensile, Impact, micro

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BERITA ACARA .....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN .....	ii
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI .....	iv
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumus Masalah .....	2
1.3 Batas Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Baja.....	7
2.3 Baja Karbon.....	7
2.4 Sifat-Sifat Baja .....	8
2.5 Baja ST-37.....	9
2.6 Arang Aktif.....	9
2.7 Katalisator .....	10
2.8 Perlakuan Panas.....	11
2.8.1 Perlakuan Panas Kondisi Setimbang.....	11
2.8.2 Perlakuan Panas Kondisi Tidak Setimbang .....	11
2.9 Proses Perlakuan <i>Carburizing</i> .....	13
2.9.1 macam-Macam Proses Karburisasi .....	15

2.9.2	Keuntungan Dari Proses Karburisasi .....	16
2.10	Furnace .....	17
2.10.1	Komponen-komponen <i>furnace</i> .....	17
2.10.2	Macam-Macam <i>Furnace</i> .....	18
2.11	Waktu Penahanan ( <i> Holding Time</i> ) .....	20
2.12	Quenching .....	21
2.13	Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	24
2.14	Uji Komposisi Kimia.....	26
2.15	Sifat mekanis baja .....	27
2.15.1	Kekerasan.....	27
2.15.2	Kekuatan Tarik.....	29
2.15.3	Ketangguhan .....	30
2.15.4	Keuletan .....	31
2.15.5	Kelelahan ( <i>Fatigue</i> ) .....	32
2.16	Uji Impack.....	32
2.17	Uji kekerasan Mikro <i>Vickers</i> .....	36
2.18	Uji Tarik .....	38
2.19	Uji Struktur mikro .....	40
BAB III METODELOGI PENELITIAN .....		44
3.1	Diagram Alir.....	44
3.2	Prosedur penelitian .....	45
3.3	Alat dan Bahan Penelitian .....	45
2.3.1	Alat.....	45
2.3.2	Bahan.....	49
3.4	Pembuatan Spesimen.....	52
3.5	Uji Komposisi Kimia Baja ST-37 .....	54
3.6	Proses Pelaksanaan Karburisasi .....	54
3.7	Uji Struktur Mikro.....	58
3.8	Uji Kekerasan (Rockwell Hardness Tester) .....	61
3.9	Uji Impack (Metode <i>Charpy</i> ) .....	62
3.10	Uji Tarik .....	63
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		65
4.1	Pengolahan Data Dan Hasil Uji Komposisi Kimia .....	65
4.2	Data Hasil Uji Komposisi Kimia .....	65

4.2.1	Analisa Dan Pembahasan Hasil Uji Komposisi Kimia .....	66
4.3	Pengolahan Data Dan Hasil Uji Tarik .....	66
4.3.1	Data Hasil Uji Tarik .....	66
4.3.2	Analisa Dan Pembahasan Hasil Uji Tarik.....	67
4.4	Pengolahan Data Dan Hasil Uji <i>Impack</i> .....	68
4.4.1	Data Hasil Uji <i>Impack</i> .....	68
4.4.2	Analisa Dan Pembahasan Hasil Uji <i>Impack</i> .....	69
4.5	Pengolahan Data Hasil Uji Kekerasan .....	70
4.5.1	Data Hasil Uji Kekerasan (Rockweel Hardness Tester) .....	70
4.5.2	Analisa Data Hasil Uji Kekerasan.....	73
4.6	Pengolahan Data Hasil Uji Struktur Mikro .....	74
4.6.1	Data hasil uji struktur mikro .....	74
4.6.2	Analisa Data Hasil Uji Struktur Mikro .....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		80
5.1	Kesimpulan.....	80
5.2	Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA .....		82
LAMPIRAN.....		84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Transformasi Fasa Pada Saat Pemanasan Baja .....	12
Gambar 2. 2 Proses Difusi Secara Interstisi Substitusi .....	14
Gambar 2. 3 Proses Pack Carburizing .....	15
Gambar 2. 4 Pengaruh Temperatur Pada Kedalaman Difusi Atom .....	15
Gambar 2. 5 Diagram <i>Continous Cooling Transformation (Cct)</i> .....	21
Gambar 2. 6 Laju Pendinginan Media Pendingin .....	22
Gambar 2. 7 Grafik Pendinginan Langsung.....	23
Gambar 2. 8 Pendinginan Tunggal ( <i>Singel Quenching</i> ) .....	24
Gambar 2. 9 Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> c .....	25
Gambar 2. 10 Oes ( <i>Optical Emission Spectrometer</i> ).....	27
Gambar 2. 11 Pengujian Rockwell.....	28
Gambar 2. 12 Diagram Tegangan-Regangan.....	30
Gambar 2. 13 Daerah Ketangguhan .....	31
Gambar 2. 14 Penentuan Tegangan Plastic Setelah Patah .....	32
Gambar 2. 15 Mesin Uji Impak.....	33
Gambar 2. 16 Ilustrasi Skematis Pengujian Impack .....	34
Gambar 2. 17 Pembebanan Impak Pada Benda Uji Charpy Dan Izod .....	34
Gambar 2. 18 Standar Astm E23-56t Uji Impak.....	35
Gambar 2. 19 Jejak Yang Dihasilkan Oleh Penekanan Indentor Pada Benda Uji	37
Gambar 2. 20 Mesin Uji Kekerasan Mikro Vickers Digital .....	38
Gambar 2. 21 Kurva Tegangan-Regangan.....	39
Gambar 2. 22 Mesin Mikroskop Optik (Metalografi).....	43
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	44
Gambar 3. 2 Tungku Pemanas .....	46
Gambar 3. 3 Mesin Uji Struktur Mikro.....	46
Gambar 3. 4 Alat Mengukur Kekerasan Pada Spesimen .....	47
Gambar 3. 5 Mesin Uji Impack.....	47
Gambar 3. 6 Mesin Frais .....	48
Gambar 3. 7 Kotak Sementasi.....	48
Gambar 3. 8 Bak Air Media <i>Quenching</i> .....	49
Gambar 3. 9 Spesimen Baja St-37 .....	49

Gambar 3. 10 Arang Cangkang Kenari.....	50
Gambar 3. 11 Serbuk Potocofy .....	50
Gambar 3. 12 Bubuk Kalsium Karbonat (Caco <sub>3</sub> ).....	51
Gambar 3. 13 Tanah Liat .....	51
Gambar 3. 14 Media <i>Quenching</i> / Media Pendingin.....	52
Gambar 3. 15 Hasil Pembentukan Standar Astm E23-56t Uji Impack Charpy ....	52
Gambar 3. 16 Spesimen Uji Tarik Astm A370.....	53
Gambar 3. 17 Amplas .....	53
Gambar 3. 18 Spesimen Uji Setelah Dilakukan Uji Komposisi .....	54
Gambar 3. 19 Campuran Karbon Dengan Bubuk Kalsium Karbonat (Caco <sup>3</sup> ).....	55
Gambar 3. 20 Spesimen Dalam Kotak Smentasi .....	56
Gambar 3. 21 Proses Pembakaran Spesimen Uji .....	57
Gambar 3. 22 Prose <i>Qwenching</i> Menggunkan Air Garam .....	58
Gambar 3. 23 Hasil Proses Perlakuan <i>Carburizing</i> .....	58
Gambar 3. 24 Gambar Spesimen Uji .....	59
Gambar 3. 25 Mika Transparan Milimeter .....	60
Gambar 3. 26 Hasil Uji Struktur Mikro .....	61
Gambar 3. 27 Mesin Uji Kekerasan <i>Rockweel Hardnes Tester</i> .....	62
Gambar 3. 28 Mesin Uji Impack.....	63
Gambar 3. 29 Mesin Uji Tarik .....	64
Gambar 4. 1 Fasa Perlit Ferit Raw Material .....	75
Gambar 4. 2 Media Arang Cangkang Kenari Dan Serbuk <i>Potocofy</i> Temperatur 800°c Waktu Penahanan Konstan 90 Menit.....	75
Gambar 4. 3 Media Arang Cangkang Kenari Dan Serbuk <i>Potocofy</i> Temperatur 850°c Waktu Penahanan Konstan 90 Menit Media Pendingin Air Garam .....	76
Gambar 4. 4 Media Arang Cangkang Kenari Dan Serbuk <i>Potocofy</i> Temperatur 900°c Waktu Penahanan Konstan 90 Menit Media Pendingin Air Garam .....	77



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pedoman Waktu Penahanan.....	21
Tabel 2. 2 Hardenes Tester.....	29
Tabel 3. 1 Tabel Prosedur Penelitian .....	45
Tabel 4. 1 Data Hasil Uji Komposisi Kimia Baja St-37 .....	66
Tabel 4. 2 Data Hasil Uji Tarik.....	66
Tabel 4. 3 Data Hasil Uji Impack.....	68
Tabel 4. 4 Sudut Simpang .....	68
Tabel 4. 5 Data Hasil Uji Kekerasan Baja ST-37 .....	71
Tabel 4. 6 Data Kalkulasi.....	71
Tabel 4. 7 Data Hasil Uji Struktur Mikro Raw Material.....	77
Tabel 4. 8 Data Hasil Uji Struktur Mikro <i>Proses Carburizing</i> .....	77

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hubungan Temperatur <i>Carburizing</i> Dengan Kekuatan Tarik.....	67
Grafik 4. 2 Hubungan Temperatur <i>Carburizing</i> Dengan Energi Impact (Joule) .	69
Grafik 4. 3 Hubungan Temperatur <i>Carburizing</i> Dengan Harga Impact (Joule/Mm).....	69
Grafik 4. 4 Hubungan Antara Nilai Kekerasan Rata-Rata (HRA) Dngan Variasi Temperatur 800°c, 850°C Dan 900°C .....	72
Grafik 4. 5 Kalkulasi Nilai Kekerasan Rata-Rata (HRB) Dengan Variasi Temperatur 850°c, 850°C Dan 900°C .....	72
Grafik 4. 6 Kalkulasi Nilai Kekerasan (HRC) Dengan Variasi Temperatur 800°c, 850°c, 900°c <i>Carburizing</i> .....	73
Grafik 4. 7 Fasa Ferit Perlit Raw Material.....	77
Grafik 4. 8 Hubungan Variasi Temperatur Terhadap .....	78